

THE HYDROGEN
FUTURE IS NOW!

水素エンジンR&D（研究開発）センターの取組
～ 水素エンジン開発現場 Now→Next→Beyond

2026年1月





2021年4月、両グループは水素内燃機関(H2ICE)を軸とした様々な関連プロジェクトを日本において展開するための包括提携に合意しました。

ジヤノパンハイドロ株式会社

両グループによる対等出資で
水素関連事業を推進する合弁会社を設立

【会社概要】

代表者：代表取締役社長 神原満夫/ 取締役CEO 青沼裕

所在地：

[常石本社] 広島県福山市沼隈町常石1083番地

[東京本社] 東京都千代田区一番町2-2 一番町第2TGビル4階

メール：info@jpnh2ydro.com

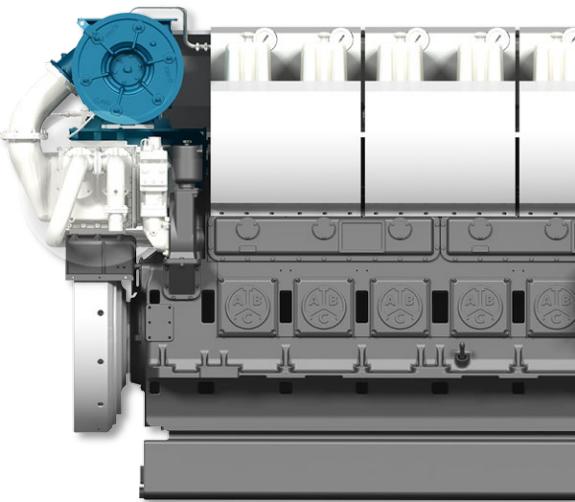
主要事業：船舶建造・エンジニアリング

水素内燃機関の輸入・販売

その他、水素関連の事業開発

船舶保有及び管理、用船業





水素社会実現の障壁？ ～ 2つの壁

- ① 時間と技術の壁
- ② 供給と価格の壁



①

時間と技術の壁



A massive glacier, likely the Perito Moreno, is shown calving into a body of water. A massive plume of white spray and mist erupts from the base of the glacier as a large section of it falls into the water. The glacier itself is a deep blue color, and the background shows dark, rugged mountains under a cloudy sky.

これを喰い止めるために

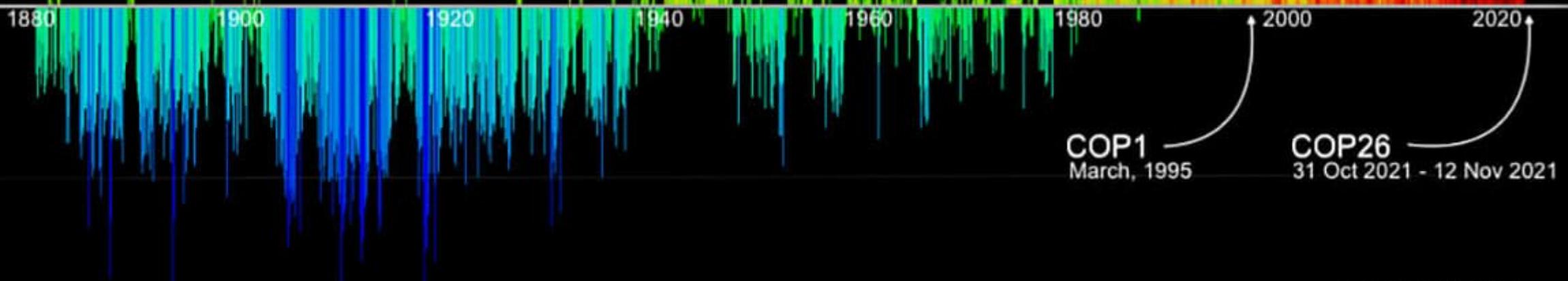
GLOBAL TEMPERATURE CHANGE 1880 - 2021

GLOBAL AVERAGE TEMPERATURE COMPARED TO THE 1951-1980 AVERAGE

+1.0°C

2050年までのネットゼロ達成

2030年までに+1.5°Cに抑制する



DATA: GISS Surface Temperature Analysis, version 4

GRAPHIC BY @SCOTTDUNCANWX

[MONTHLY DATA]

Deviations from the 1951-1980 means
Source: <https://data.giss.nasa.gov/gistemp/>

国際海運では（世界全体のCO2排出量の約2.2%）

2030年までに燃費効率40%以上改善

2050年までにカーボンニュートラル（ネットゼロ）達成

今世紀中のなるべく早く排出ゼロ

2025年10月のMEPC臨時会合においてIMOネットゼロフレームワーク
(燃料のGHG強度規制とカーボンプライシングの導入。27年採択・28年
発効) の議論が1年延期

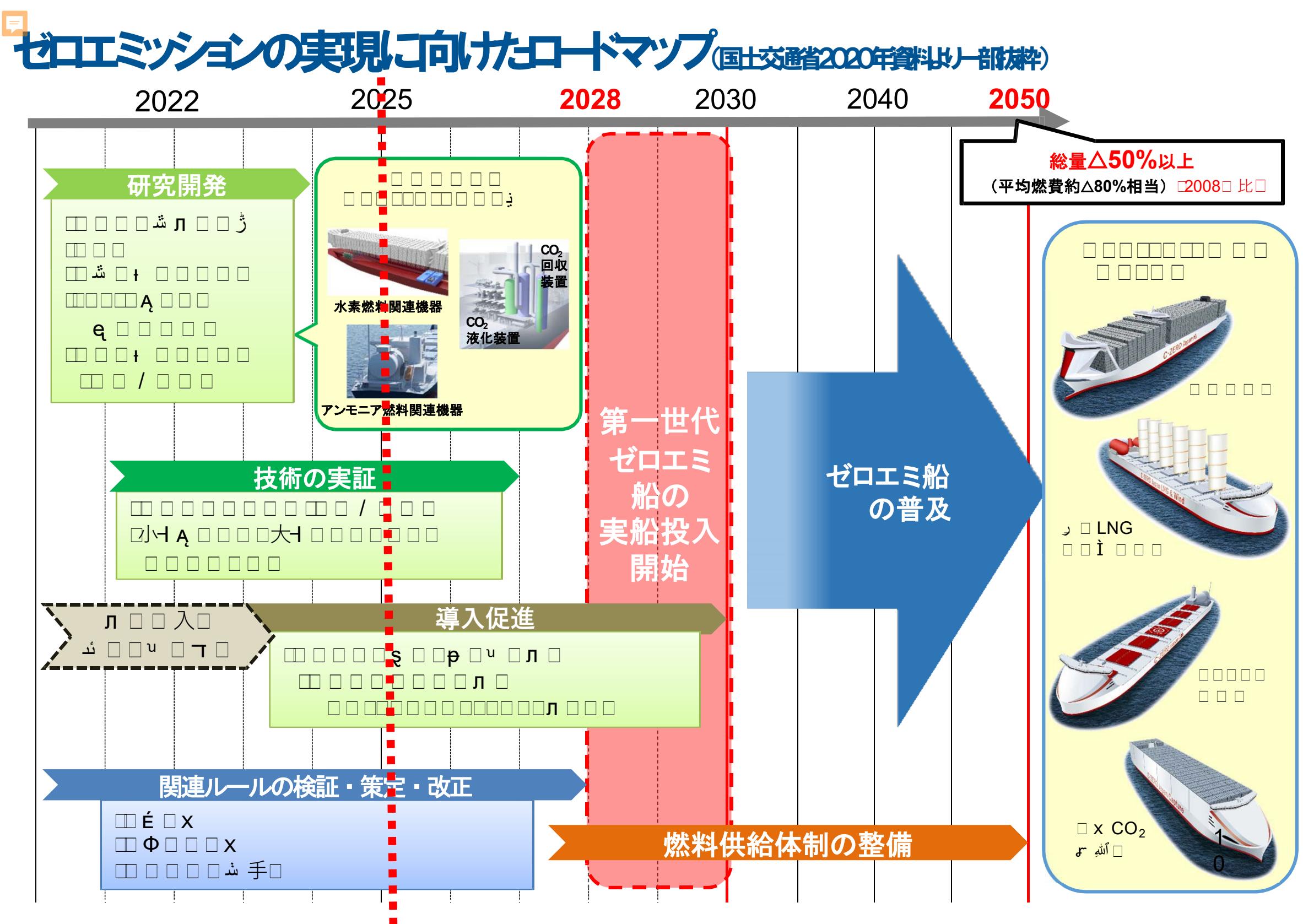
しかし、...、内航海運に関係ありません。内航海運はIMOの規制枠内ではなくあくまでも
日本政府の掲げる目標、、、すなわち

内航海運（貨物）では（日本のCO2排出量の約0.91%）

2050年までにカーボンニュートラル（ネットゼロ）達成（国全体で）

2030年のCO2排出量を2013年対比15%減

が変わらずにターゲットです。**今日はこちらのお話です。**



あと3～5年足らずで

ゼロエミッション船の商用化・普及フェーズ
に到達できる技術が“中核ソリューションとなる必要がある

これが

【時間と技術の壁】



時間と技術の壁を水素エンジンで突破！

なぜ水素活用に内燃機関なのか？

燃料電池(=電気モーター)とは得意分野が明確に異なります

- 内燃機関は電気駆動に対して大型化＝大出力化が容易です
- 内燃機関は装置寿命を含めたライフタイムコストに優れています
- 内燃機関は使用する水素の純度に寛容です
- 内燃機関は運用・維持が容易です

現時点で**ヘビーロード**において最も現実的な選択肢

電気(モーター)やバッテリーは船舶において最適解でしょうか？

長年にわたり船舶の主要動力源であり続ける内燃機関を継続利用することには明確なアドバンテージがあります。

なにより、**舶用水素機関は既に実用化されています！**



2018



2020



2021



水素混焼及び
水素100%の
専焼エンジンの
開発と商業化を
目的とし
Be Hydroを設立

Be Hydro製
1MW 6気筒の
混焼エンジン
(水素混焼率 最大
85%)を発表

BeHydro が
エネルギー グローブ
賞 2021を受賞

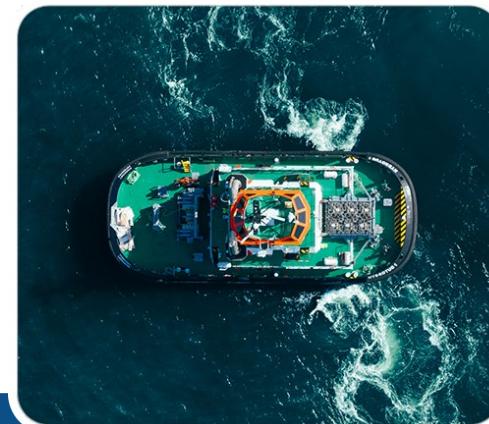
2022



2023



2023



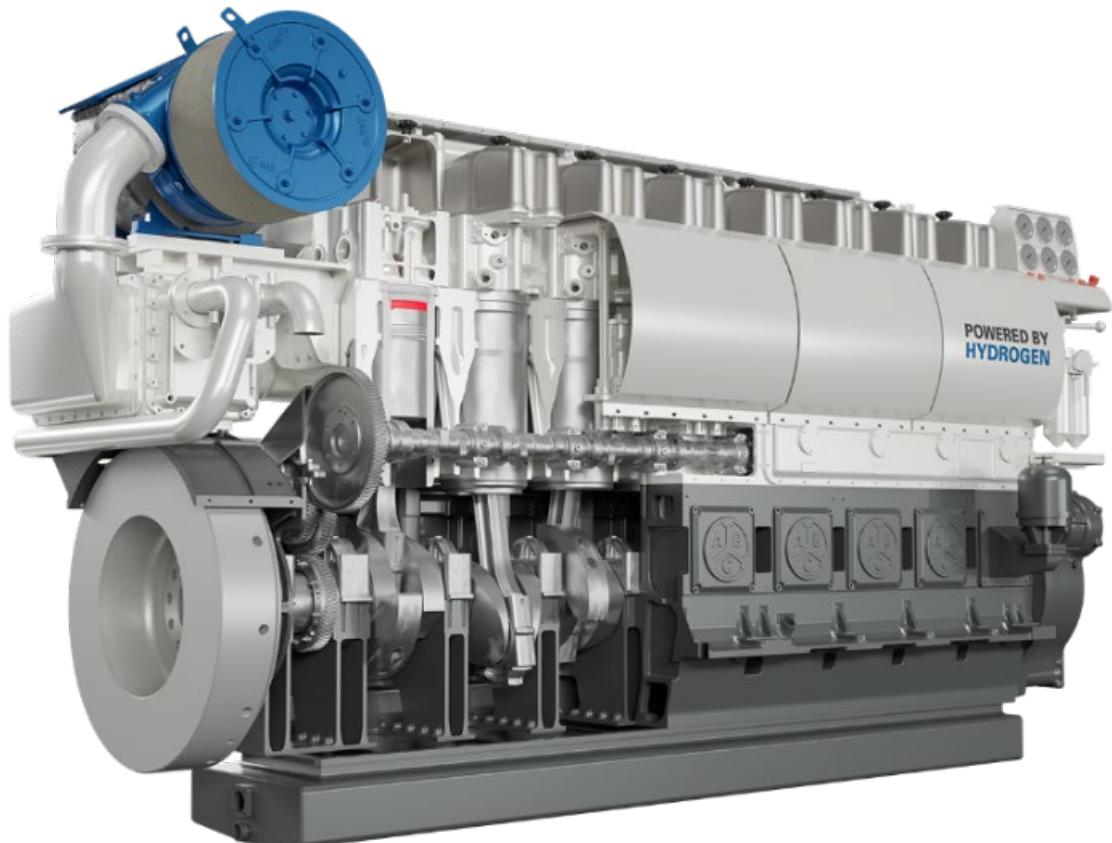
Be Hydro製
1MW 6気筒の
水素専焼エンジン
(100%水素)を発表

Be Hydro製
水素混焼エンジン
欧州ロイド船級の
使用承認取得

CMB.TECHとアントワープ・
ブルージュ港が世界初の水素
混焼エンジン搭載タグボート
HYDROTUG1の稼働開始



水素混焼エンジン



パワフル

- ✓ 出力範囲: 500 kW – 2,670 kW
- ✓ 負荷変動に対する素早い応答性能
- ✓ 低純度の水素でも安定運転が可能



持続可能性

- ✓ CO₂ 排出量を最大85%削減
- ✓ DPF/SCRの併用により欧州ノンロード・エンジン 第5次排出ガス規制(通称 EU Stage V)適合
- ✓ リチウム、亜鉛、コバルト、白金、レアアース等 のレアメタルレアメタルを使用しない環境配慮型 設計
- ✓ 80 % 以上のリサイクル可能率



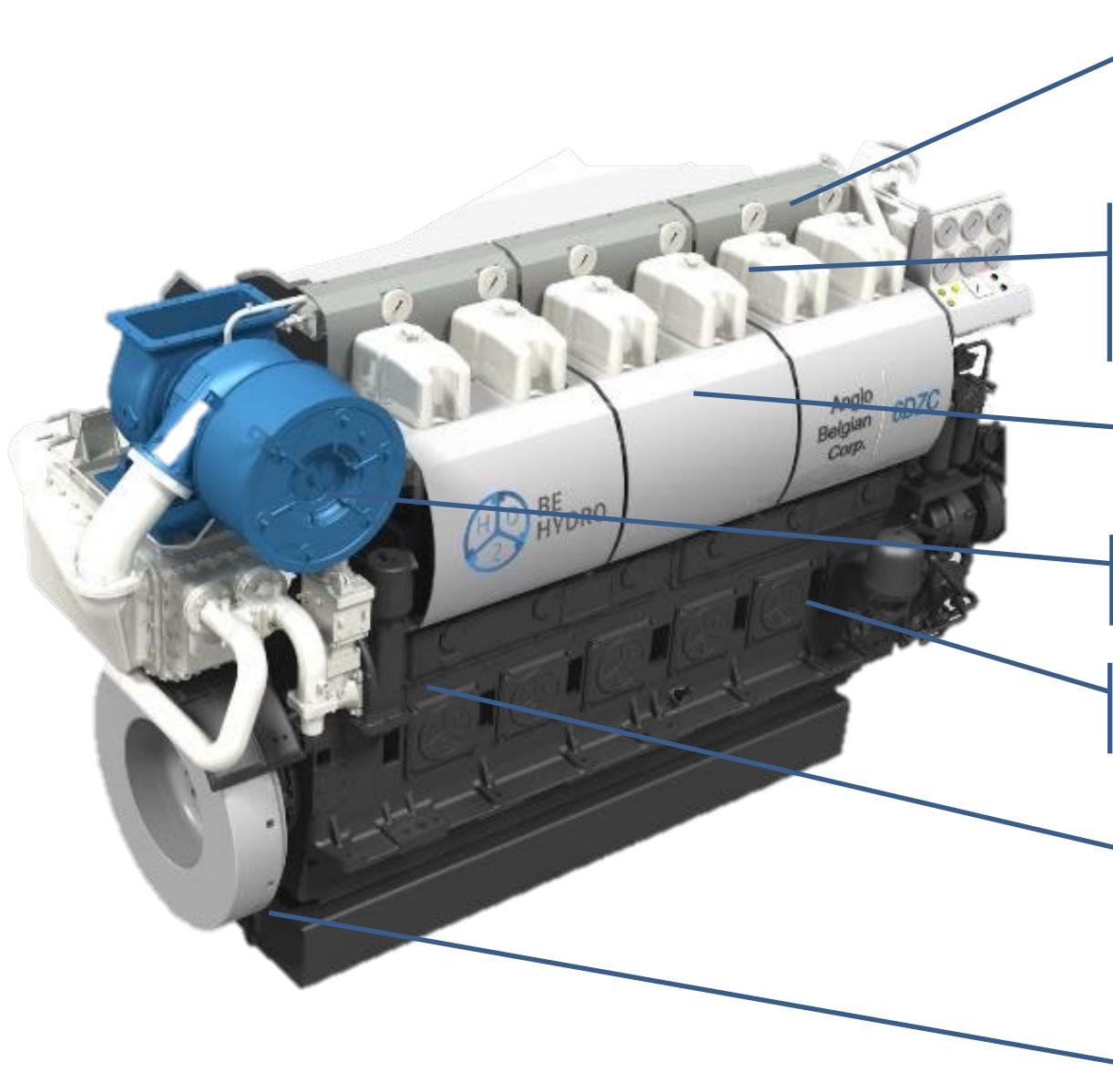
競争力

- ✓ 高耐久 (エンジン稼働時間20万時間以上)
- ✓ メンテナンスが容易な設計
- ✓ 紛争鉱物を使用しない、万全なスペアパーツ 供給体制



柔軟性

- ✓ 最大85% 水素+15%FOでの運転が可能
- ✓ 100%FOでの運転にも対応



水素マルチポイントインジェクション、二重管のガスコレクターを搭載

水素燃焼による高温部位回避のために特別設計されたピストン

水素燃焼に最適な圧縮比

高い吸気量

ブレーキニッショング検知

排気及び吸気コレクターにラップチャディスクを装備

水素脆化対策のため特殊合金を使用



水素混焼エンジンラインナップ[®]

6DZD H₂



6/8DZ

シリンダ径: 256 mm
ストローク: 310 mm

直列6気筒エンジン
最大回転数 1,000 rpm

最大出力 1,000 kW
最大馬力 1,360 HP

8DZD H₂



6/8DZ

シリンダ径: 256 mm
ストローク: 310 mm

直列8気筒エンジン
最大回転数 1,000 rpm

最大出力 1,330 kW
最大馬力 1,810 HP

12DZD H₂



12/16DZ

シリンダ径: 256 mm
ストローク: 310 mm

12気筒V型エンジン
最大回転数 1,000 rpm

最大出力 2,000 kW
最大馬力 2,720 HP

16DZD H₂



12/16DZ

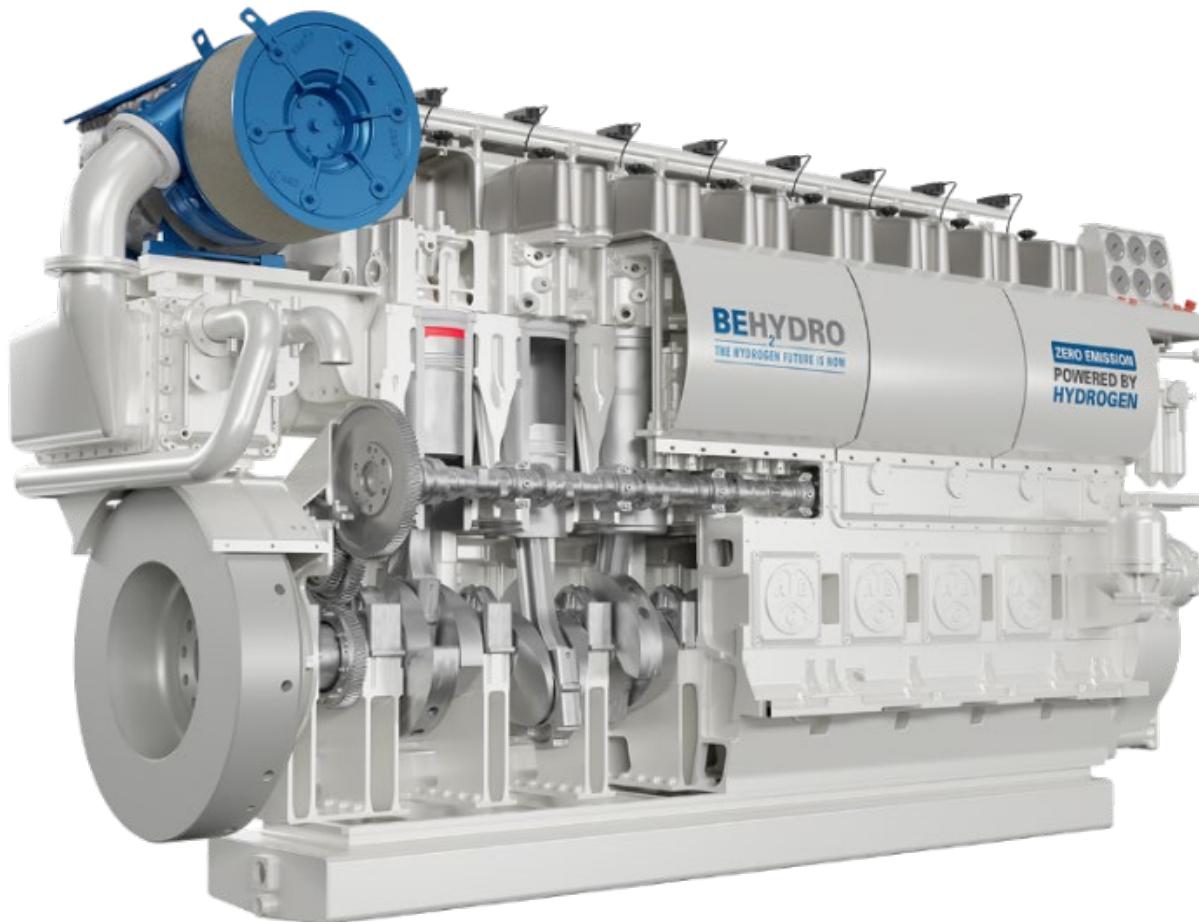
シリンダ径: 256 mm
ストローク: 310 mm

16気筒V型エンジン
最大回転数 1,000 rpm

最大出力 2,670 kW
最大馬力 3,630 HP



水素専焼エンジン



パワフル

- ✓ 出力範囲: 500 kW – 2,670 kW
- ✓ 低純度の水素でも安定運転が可能



BE SUSTAINABLE

- ✓ CO₂ 排出量を100%削減
- ✓ 低排出のNOx 及び粒子状物質
- ✓ DPF/SCRなしでの欧州ノンロード・エンジン
第5次排出ガス規制(通称 EU Stage V)適合
- ✓ リチウム、亜鉛、コバルト、白金、レアアース等のレアメタルレアメタルを使用しない環境配慮型設計
- ✓ 80 % 以上のリサイクル可能率



BE COMPETITIVE

- ✓ 高耐久 (エンジン稼働時間20万時間以上)
- ✓ メンテナンスが容易な設計
- ✓ 紛争鉱物を使用しない、万全なスペアパーツ供給体制



水素専焼エンジンラインナップ[®]

6DZ H₂



6/8DZ

シリンダ径: 256 mm

ストローク: 310 mm

直列6気筒エンジン

最大回転数 1,000 rpm

最大出力 1,000 kW

最大馬力 1,360 HP

8DZ H₂



6/8DZ

シリンダ径: 256 mm

ストローク: 310 mm

直列8気筒エンジン

最大回転数 1,000 rpm

最大出力 1,330 kW

最大馬力 1,810 HP

12DZ H₂



12/16DZ

シリンダ径: 256 mm

ストローク: 310 mm

12気筒V型エンジン

最大回転数 1,000 rpm

最大出力 2,000 kW

最大馬力 2,720 HP

16DZ H₂



12/16DZ

シリンダ径: 256 mm

ストローク: 310 mm

16気筒V型エンジン

最大回転数 1,000 rpm

最大出力 2,670 kW

最大馬力 3,630 HP

②

受給と価格の壁



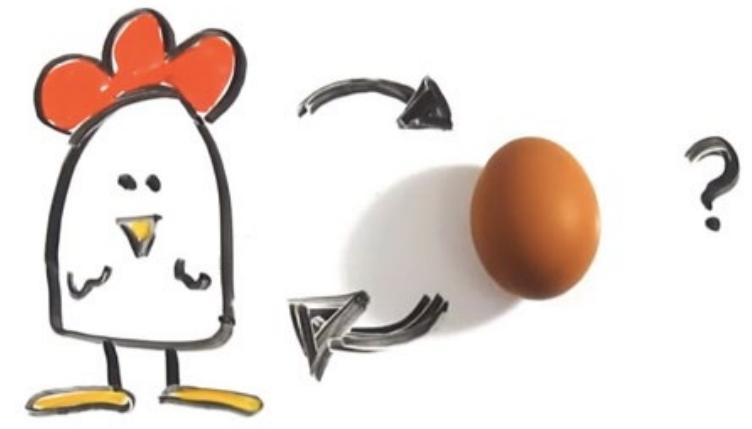
知事、水素全然足りてません(;_ ;)



東京都の小池百合子知事は21日、水素旅客船「ハイドロびんご」を乗船視察した。同船は水素と軽油の混焼エンジンで動く世界初の旅客船。小池氏は水素の利用促進に向けて「都内に水素ステーションを充実させ、うまく連携できる社会にしていきたい」と述べた。（日本経済新聞2022年10月21日）

この時に使用したグレー水素は、、、、、
博多で充填の後陸路を1000km以上かけて輸送

水素製鉄に必要な水素量	約700万トン/年
大規模水素発電に必要な水素量	約600万トン/年
水素トラックに必要な水素量	約600万トン/年
内航船に必要な水素量	約111万トン/年
化学工業に必要な水素量	約695万トン/年
産業熱需要に必要な水素量	約3400万トン/年



VS

国内水素生産量（外販用）	約1万3千トン/年	* 1億5千万Nm ³
→ そのうち【エネルギー用途】はわずか <u>200トン</u>		

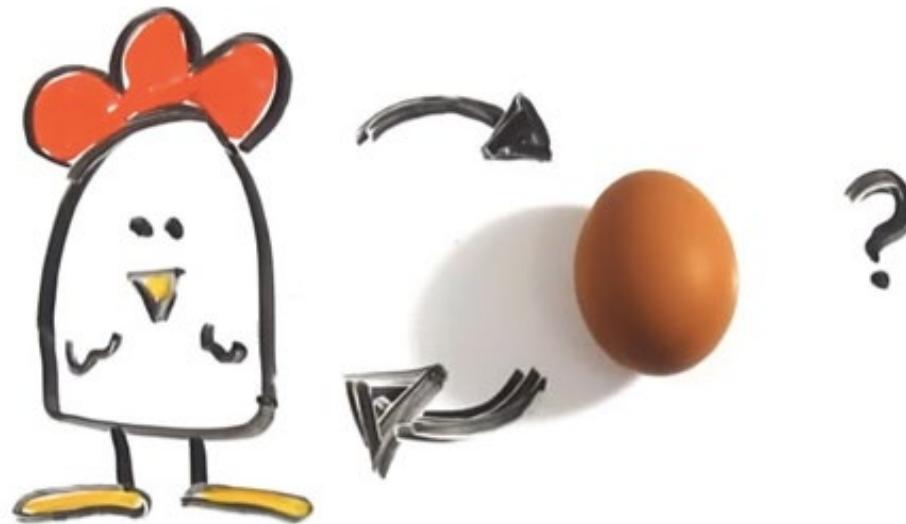
経産省短期目標	約200万トン/年	* ~2025年ごろまで
経産省中期目標	約300万トン/年	* ~2030年ごろまで
経産省長期目標	約2000万トン/年	* ~2050年ごろまで

5000倍以上の供給を今まで実現できるの？

水素の供給が不十分？

VS

水素の需要が不十分？



経済学の一般的な考えでは
当然**需要拡大**が先行すべき



価格も無視することはできない

**【生の値段】 産業ガスとしての水素ガス販売価格
概ね2,000~5,000円 / kg程度**

**燃料電池車向け販売価格 = ガソリン対比競争力あり
1,760円~2,200円 / kg**

**【夢の値段】 経産省が掲げた2030年の目標価格
334円 / kg**

水素が足りない前提 が大切

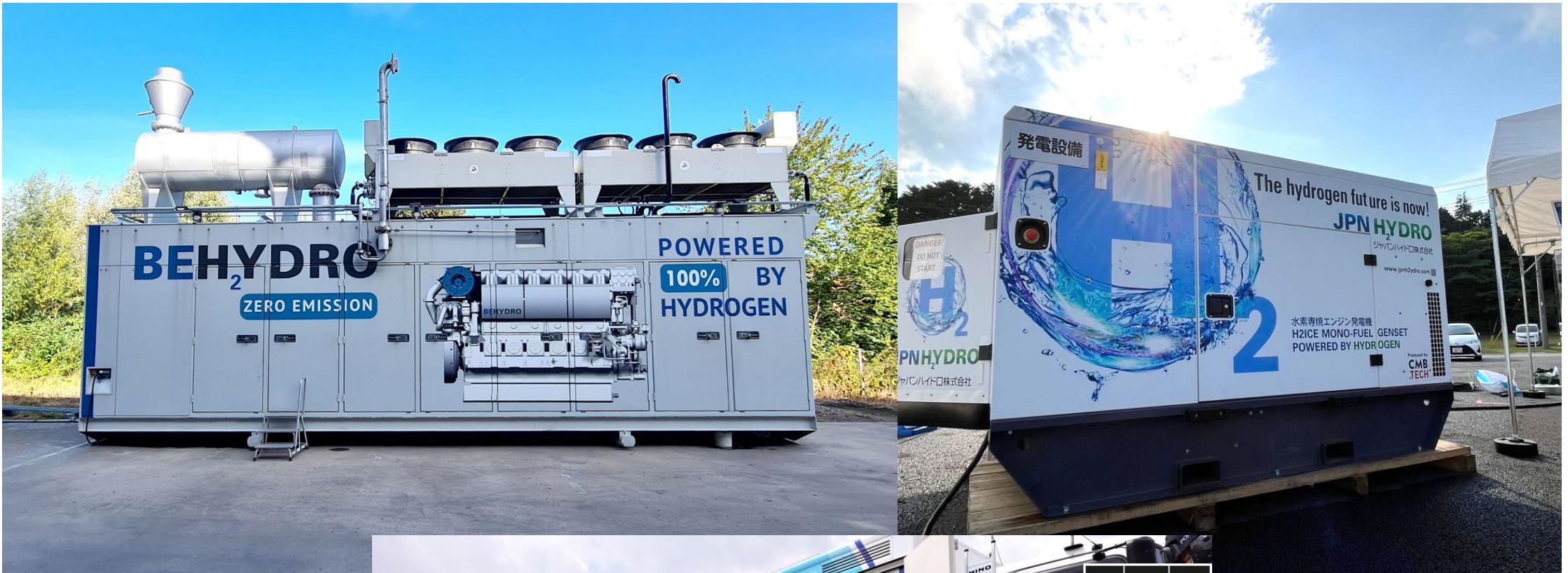
グリーン、ブルー、グレー、どの色の水素も全然足りません。
しかも従来燃料対比で圧倒的に高コスト。

つまり、当分の間は供給面でも予算面でも水素燃料を十分に確保することは極めて困難。
(でも、時間は待ってくれません)



受給と価格の壁を水素混焼エンジンで破壊！

なぜ混焼推し？



需給拡大サイクルが動くには

時間軸・投資額・経済性から【地産地消】が“呼水”が必要



なぜ再エネ由来の水素や副生水素の活用が進まない？



水素製鉄・水素発電の需要は膨大すぎて地産地消水素ではカバーできない = 事実上需要がない



“現実的な水素の活用アプリケーション不在 = 呼水が不在”

- ① 適度に背伸びした水素の消費量であること
- ② 水素の供給が不安定な状況下でも安心して導入できること
- ③ 既存のものとの使い勝手がなるべく変わらないこと

⚠ 水素混焼エンジンは程よい背伸び

水素混焼エンジン搭載フェリー “ハイドロびんご”

- 水素搭載可能量 = 100kg = 離島航路1日分の想定
- 離島航路 = 定期航路 = 同じ場所で水素補給



1日100kg
毎日同じ場所で

VS



満タンで約5kg
いつ・どこで？？

現在のルールでは、燃料電池車用水素ステーションから他の目的
の充填も可能に！ **海陸兼用の水素ステーションも実現できます**

⚠ 水素供給が不十分・不安定でも？

- ✓ 水素を使い切った後には軽油専焼で継続運転可能
- ✓ 災害時などで水素供給が途絶しても軽油専焼での運転可能



!既存船と変わらぬ使い勝手①

圧縮水素ガスを減圧弁を通してエンジンに投入するシンプルなシステム構成のためFGSSなどの前処理装置が不要。

内燃機関の整備に新規の資格は必要ありません。

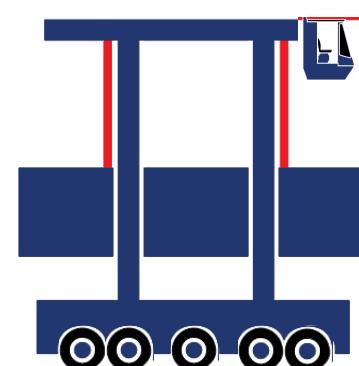


まとめると、、、、

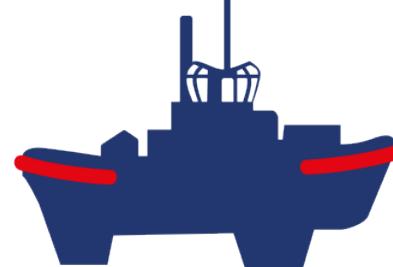
水素混焼エンジンで技術開発・インフラ投資拡大への意欲を刺激！

港湾に水素混焼エンジン技術を導入すると、“ほどよく背伸びした水素需要”が創出できる。

- 無理のないボリューム感（今ある水素は全て使いきれる！）
- 水素が足りなくても運用に支障を来さない（お客様に迷惑が掛からない！）
- 既存の機器類と混在しても運用・維持に過度な負担とならない（現在のスタッフで！）



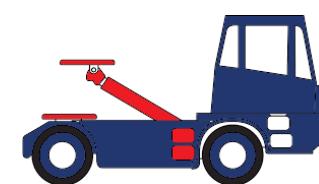
ストラドルキャリア
~ 45 kg/day



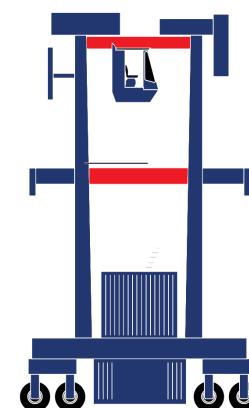
タグボート
~ 250 kg/day



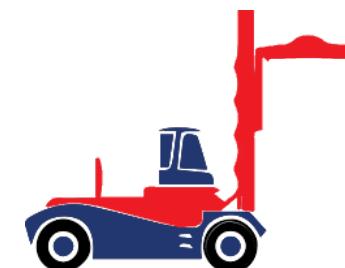
リーチスタッカー
~ 30 kg/day



ヤードトラクター
~ 30 kg/day



RTGクレーン
~ 45 kg/day



コンテナハンドラー
~ 35 kg/day

現在の港湾における導入状況

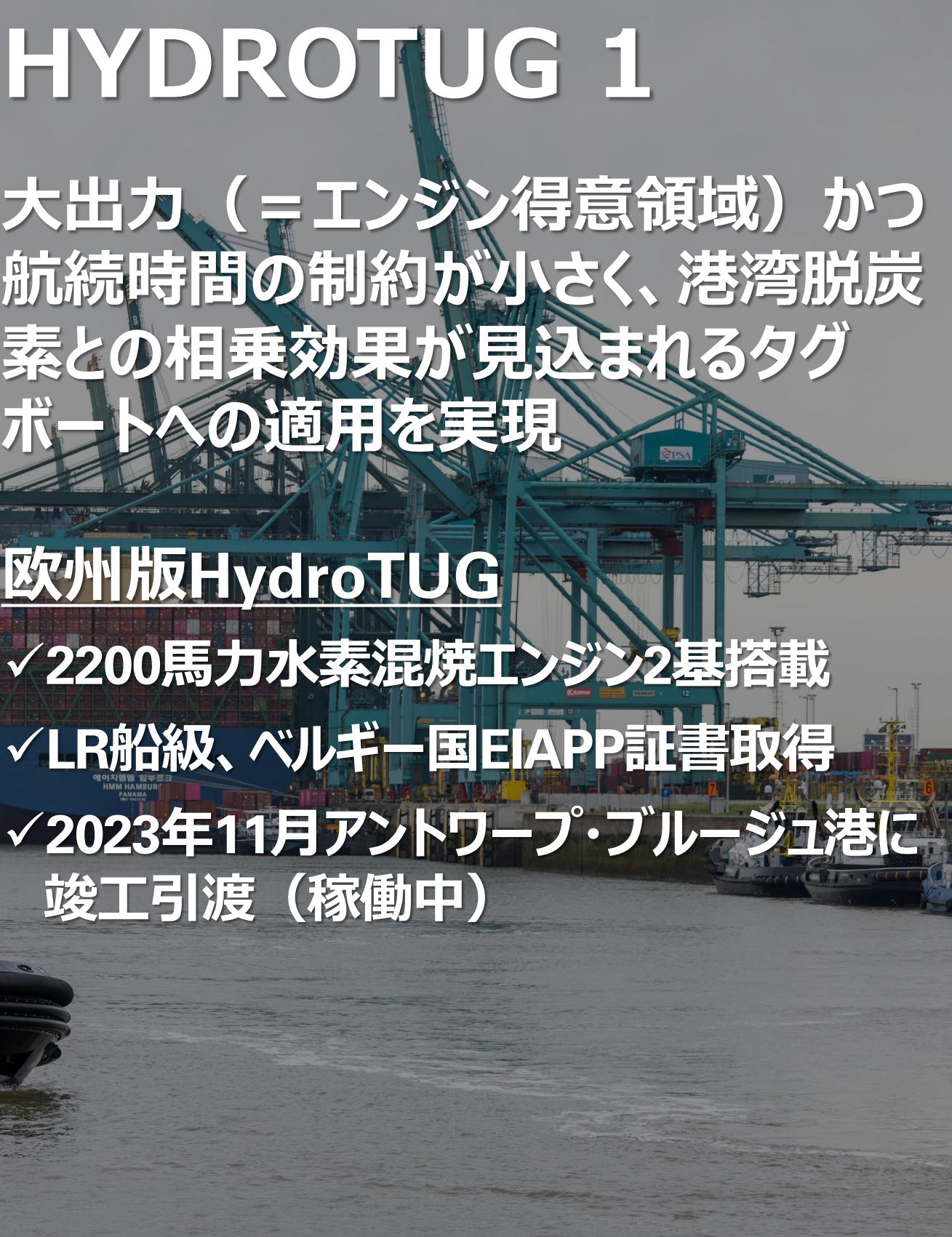


HYDROTUG 1

大出力（＝エンジン得意領域）かつ
航続時間の制約が小さく、港湾脱炭
素との相乗効果が見込まれるタグ
ボートへの適用を実現

欧洲版HydroTUG

- ✓ 2200馬力水素混焼エンジン2基搭載
- ✓ LR船級、ベルギー国EIAPP証書取得
- ✓ 2023年11月アントワープ・ブルージュ港に
竣工引渡（稼働中）



日本版 水素混焼エンジン搭載タグボート

常石造船常石工場建造

全長 38.063m / 全幅 9.600m

/ 噫水 3.200m

総トン200t未満

主機関(BEH2YDRO 12H2DZD
1,628kw ×2)

水素混焼運転可能時間 約4時間

(水素ガス搭載量250kg) **

速力 13.6knot

牽引力 押56.0t / 引50.4t

**水素ガス消費後はA重油専焼での運転となります

2025年10月竣工



HYDROCAT

MAN社製ベースエンジンを
水素混焼化して実現

欧洲の洋上風力事業者から
高い評価を獲得

現在2隻稼働中、3隻目建造中。



ハイドロびんご

種 別： アルミ合金製旅客船
船 主： ジャパンハイドロ株式会社
用 途： 旅客船、 平水区域
サ イ ズ：
(LxBxD) 19.40m × 5.40m ×1.75m
総トン数： 19ton
定 員： 旅客80名、 船員2名
主 機 関： 水素・軽油混焼エンジン
HyPenta D13-1000
441kW×2,300min⁻¹×2基
速 力： 試運転最大速力 26.0 knots
航海速力 23.0 knots
装 備： 水素燃料モニタリングシステム
水素タンクトレーラー



ハイドロびんご

(水素ガス供給について)



ROROタイプ[®]

Type3水素ボンベ採用(アルミライナー・カーボン巻)

200リットル × 20本 × 35Mp

航続距離 約65マイル (約120km)

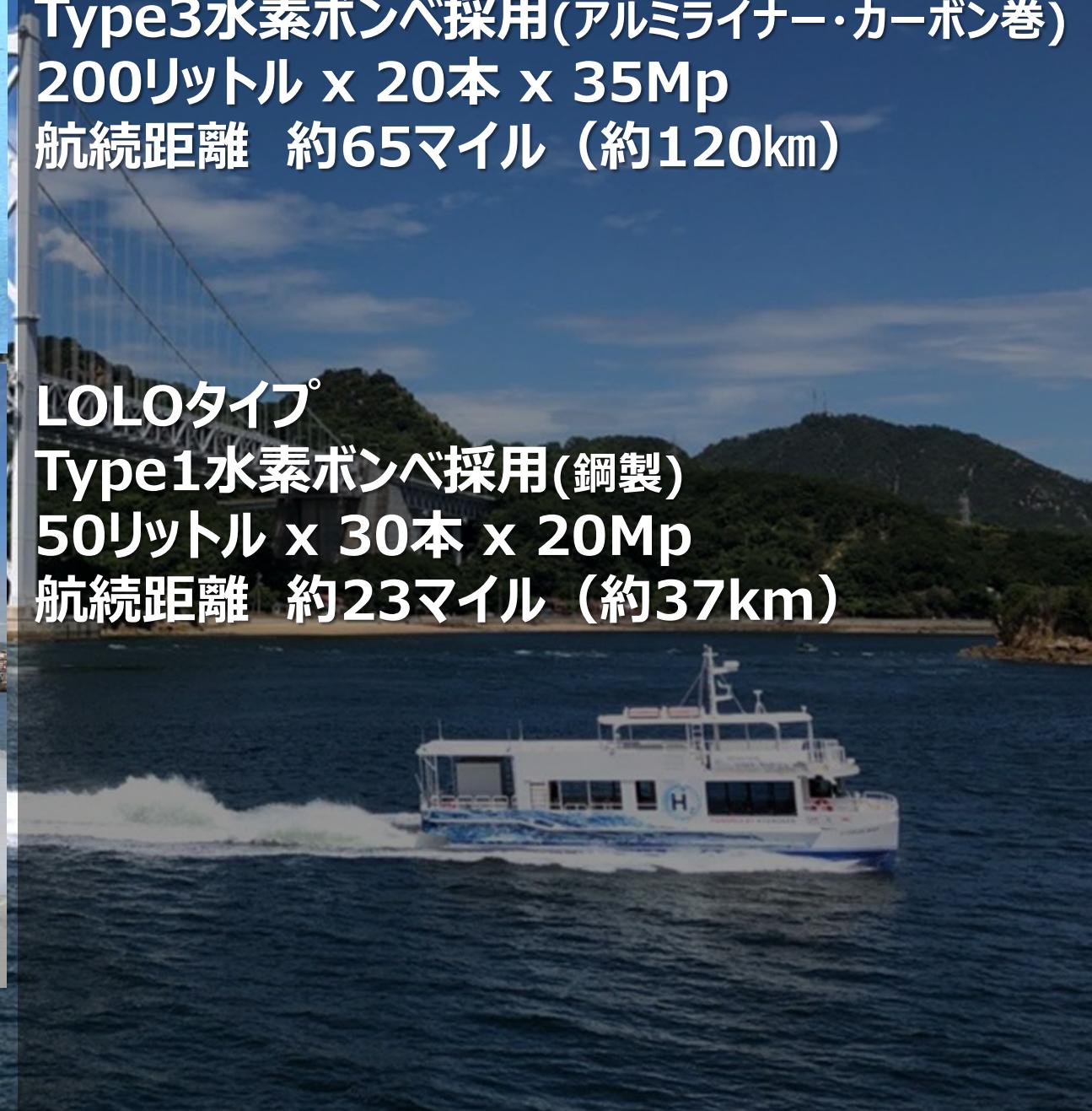


LOLOタイプ[®]

Type1水素ボンベ採用(鋼製)

50リットル × 30本 × 20Mp

航続距離 約23マイル (約37km)





MONO FUEL HYDROGEN ENGINES (SI)

HEIDELBERGCEMENT



ノルウェーにて初のゼロエミッション内航船発注



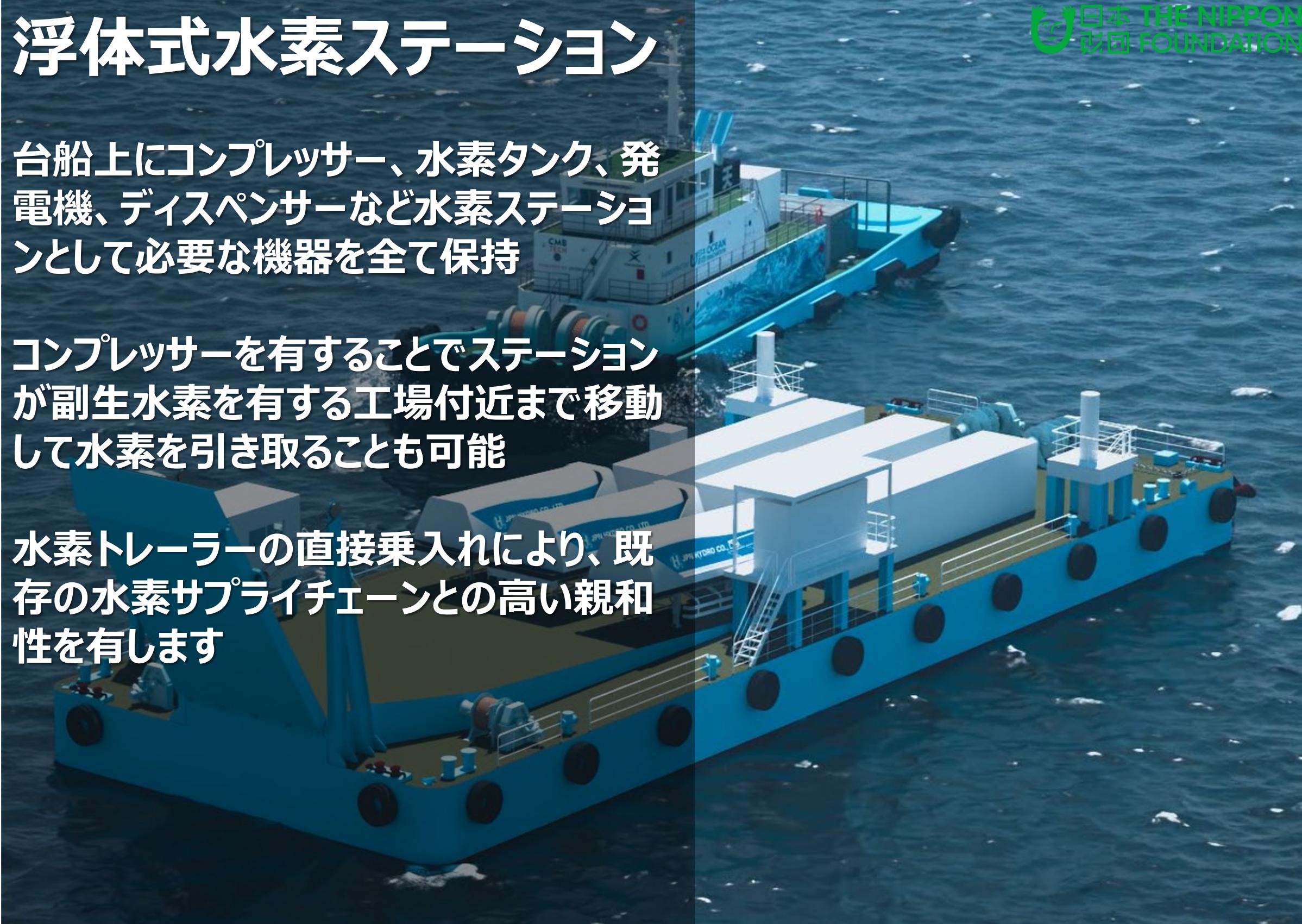
水素専焼エンジン搭載
ゼロエミッションカーフェリー
建造推進中！！

浮体式水素ステーション

台船上にコンプレッサー、水素タンク、発電機、ディスペンサーなど水素ステーションとして必要な機器を全て保持

コンプレッサーを有することでステーションが副生水素を有する工場付近まで移動して水素を引き取ることも可能

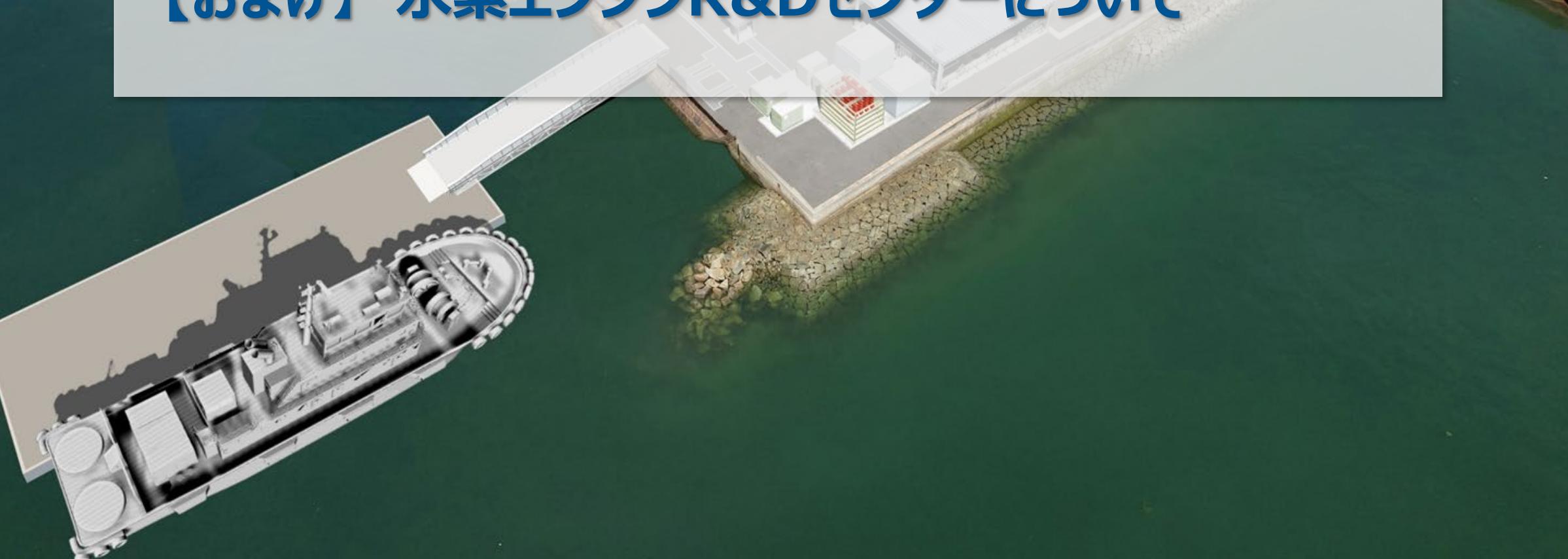
水素トレーラーの直接乗入れにより、既存の水素サプライチェーンとの高い親和性を有します







【おまけ】 水素エンジンR&Dセンターについて



当施設の特徴

造船所内に設置・舶用水素ステーション併設

水素エンジン搭載船の開発を常石の地において一体的に
実施できる体制を実現します

高速～中速エンジンをカバー

小型船主機で使用される高速エンジンから内航船主機として
使用される中速エンジンまで幅広くカバーします

オープン型ラボとして運用

国内メーカー様、学術機関様などとの協業により、
水素エンジンの開発・普及の加速を目指します

当施設で実施するテスト例

水素エンジンの開発・型式取得及び性能向上

既存エンジンの水素エンジン化に取り組みます

燃料噴射制御の深化などにより水素エンジンの一層の性能向上を図ります

様々な水素や代替燃料を利用した性能試験

ISO14687による高純度水素以外にも、各種副生水素や廃棄水素などの活用を模索します

バイオディーゼルとの混焼なども試験可能です

施設概要

水素エンジンR&Dセンターは、水素エンジンの性能向上を目指し、排気ガス分析・燃焼解析装置などの計測機器を備えたエンジンテストベンチ、船舶への水素供給が可能な水素ステーションも併設しております。

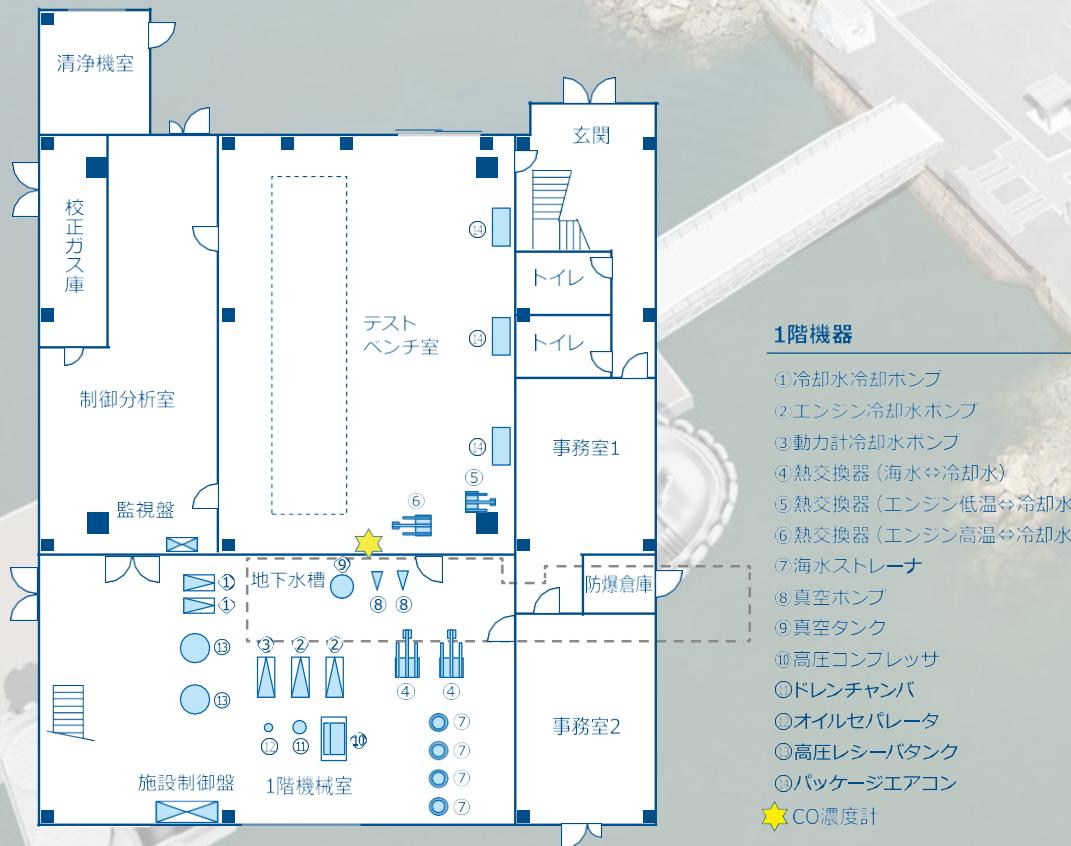
エンジンの動力を吸収する水動力計は、最大吸収動力4,000kW、最大吸収トルク37,000N・mの中速エンジン用、同じく1,000kW/5,600N・mの高速エンジン用の2台を備え、世界でも有数の水素エンジンの試験場です。

30トンまで対応の天井クレーン(15トン×2)を装備し、小型船舶に搭載する高速エンジンから大型内航貨物船の主機や外航船補機用の中速エンジンまで、幅広いエンジンの試験に対応します。船舶用水素ステーションは、船舶の係留設備と揺動対策が施された充填設備を備えており、最大で水素トレーラー3台分の水素を船舶に安全に供給します。

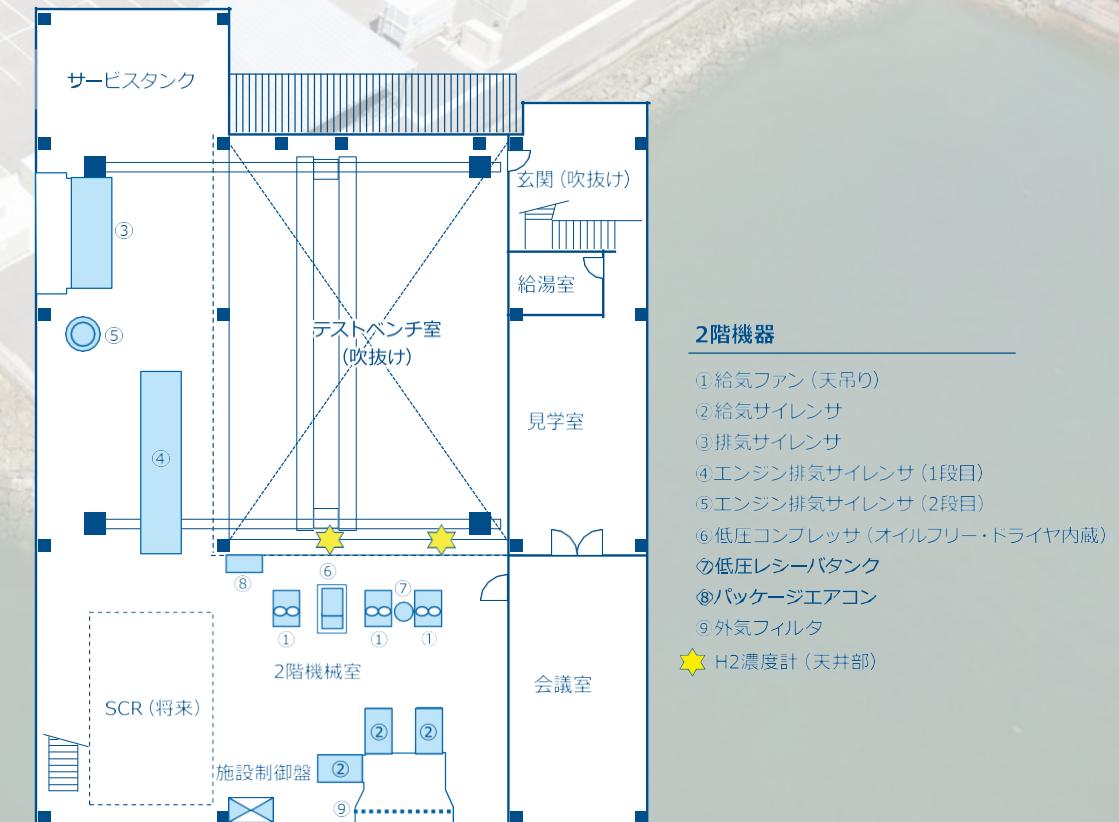
常石造船(株)の構内に位置する当センターは、船舶設計チームとの緊密な連携を実現し、水素エンジン搭載船の開発と実証を加速します。

さらに、舶用以外の水素エンジン開発、認証試験の実施、教育研究機関との産学連携等により、水素エンジンの普及を目指します。

平面図



R&Dセンター2階 平面図



エンジンテストベンチ

大小2台の水動力計を定盤の両端に設置し、幅広い出力帯のエンジンを試験することが可能です。また、水動力計の急速負荷機能により、波浪による負荷急変など船舶特有の運転状態を再現できます。

定盤は格子状になっており、様々な大きさのエンジンを正確に設置でき、発電機用エンジンを架台ごと試験できるよう長手方向に余裕を持ったサイズとしています。

水素供給系統として80Aサイズの配管を採用、水素を大量消費する大型エンジンにも対応しています。また消費量を正確に測定できるよう、こちらも2種類の容量の水素流量計を選択して取り付けできます。

製造: 東京プラント

◎中速エンジン用動力計

最大吸収動力 4,000kW 最大吸収トルク 37,000N・m

◎高速エンジン用動力計

最大吸収動力 1,000kW 最大吸収トルク 5,600N・m



制御分析室

テストベンチに設置したエンジンを様々な条件下で運転するための制御機器、運転状態を分析するための各種設備を有しています。性能向上や型式認証のための試験のみならず、純度の低い水素の活用やバイオディーゼル油との混焼など、水素エンジンの使い方を広げるための実験を行うことが可能です。

施設各所に配置された機器や計測器からの情報は室内の各制御盤に表示されるほか、自動制御システムを取り入れ集中監視と省力化を実現しました。



排ガス分析計

エンジンからの排気ガスに含まれる成分を測定し、規制適合可否や運転状態の確認を行うことができます。

製造: ベスト測器株式会社

◎多成分分析計: Bex-550D

◎測定成分: CO-L、CO₂、THC(総炭化水素)、

NO/NOX、O₂

◎FTIR 分析計: Bex-1000FT

◎測定成分: H₂(0-1vol%)、H₂(0-20vol%)



水動力計制御システム

水動力計はエンジンが空回りしないように負荷をかけると同時に、制御システムで出力を連続的に計測します。

エンジン制御システムと連携し、水動力計の水量を調整することで、エンジン負荷を制御します。

製造: 東京プラント株式会社



エンジン制御システム

エンジンの出力・回転数を調整し、性能試験を行える状態を維持します。あらかじめプログラムした運転計画に従って自動運転することができ、同条件での繰り返し試験や比較試験を行うことができます。また、エンジンからフィードバックされるデータを最短1/1000秒単位で記録することができます。

製造: FEV

MORPHEE 64-オートメーションシステム



ポンプ動力制御盤

燃料、潤滑油のポンプ発停やタンク液位を集中管理しています。

試験するエンジンによって使用する燃料が異なりますが、軽油・A重油の二種類を独立して供給できる設備構成としており、多くのエンジンに対応可能です。

製造: 株式会社タツノ

水素ステーション

本施設の水素ステーションは以下の設備群から構成されます。

- ◎大型の水素トレーラ3台を同時に受け入れ可能なトレーラ庫、払い出しのための減圧弁ユニットからなる一時受入設備

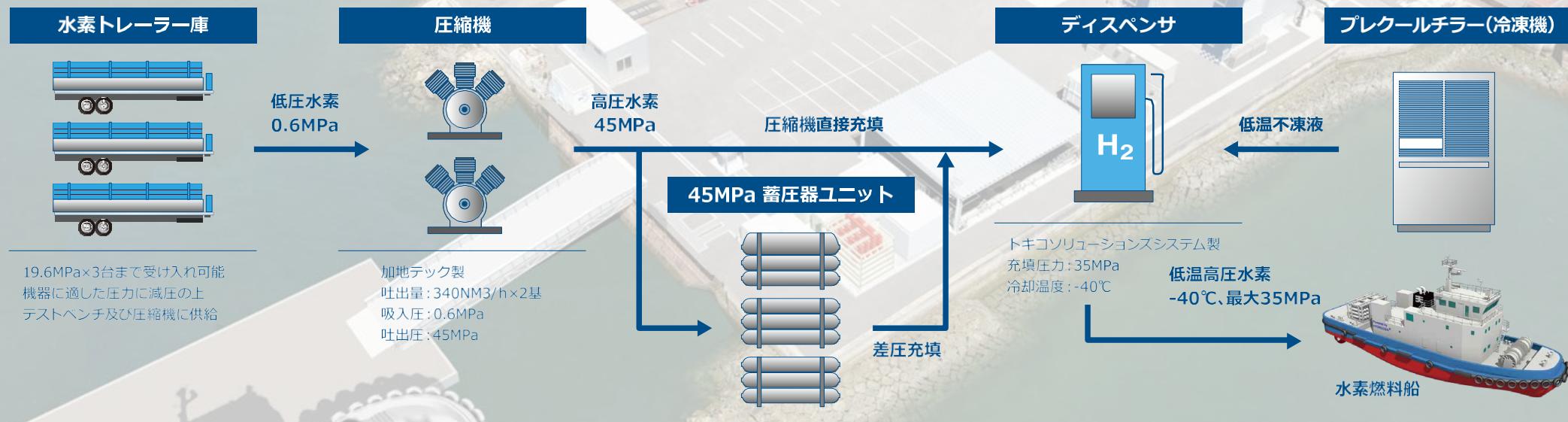
- ◎受け入れた水素を45MPaに昇圧、二次貯蔵するバッファタンクと水素ディペンサからなる拡出設備

- ◎船舶の係留、ディスペンサ及び充填ホースリールを設置する浮桟橋設備

陸上施設・車両のみならず、船舶という揺れ続ける対象に対して安全に供給できるステーションは世界にも類を見ないものです。



す。



水素トレーラ庫

エンジン試験や船舶への供給には大量の水素を使用するため、19.6MPaトレーラを最大で3台駐車し同時にあるいは切り替えながら供給できるような配管となっています。水素エンジン試験を行う際には、トレーラから送り出した水素を0.8MPaに減圧し直接ベンチに供給します。

圧縮機

船舶への供給の際には45MPaと高圧の水素が求められるため、トレーラの最大圧力19.6MPaでは不十分です。そこで圧縮機を使用し、トレーラ側の圧力に依らず充填を可能にします(圧縮機直接充填)。

蓄圧器

圧縮機は高圧にできる代わりに流量が小さく、それだけでは充填に長時間を要してしまいます。解決策として、事前に蓄圧器ユニットに高圧水素を充填しておき、船舶に対して圧力差にて充填する手法を採用しました(差圧充填)。直接充填と差圧充填を組み合わせることにより、作業時間の短縮と効率の向上を図り、実用的な施設としました。

ディスペンサ/プレクールチラー

水素を充填する際には温度や圧力を常時監視し流量を調整し続ける必要があります。また、船側タンクの水素は圧縮され高温になっていきますので、状況によっては充填を一時中止し放熱を待つ事態も予想されます。ディスペンサは水素の流量・圧力を調整するほか、フレクールチラーから送られる低温不凍液により-40度まで冷却して供給します。また、非常遮断弁や圧力放出機能に備えており、安全かつ効率的な充填作業を実現しま

ご清聴ありがとうございました！



The hydrogen future is now!

JPN H₂YDRO